



GRADO EN ECONOMÍA Y FINANZAS

Impacto del precio del petróleo en las distintas formas de energía

Autor: Ana Alonso Muñoz

Tutor: Diego Fresoli

TFG, Junio 2020

Ana Alonso Muñoz

DNI: 05954799F

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	4
II. OBJETIVOS	6
III. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS USADOS	8
IV. METODOLOGÍA	13
V.MODELIZACIÓN Y ESTIMACIÓN	25
VI. CONCLUSIONES	33
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	34

I. INTRODUCCIÓN

Debido al cambio climático, a la escasez de fuentes de energías fósiles y al endurecimiento de las leyes anticontaminación, hay un interés a nivel global en la sustitución de las energías tradicionales, fundamentalmente aquellas procedentes del petróleo y del gas, por energías renovables. Esta implantación en ningún caso podrá ser de una forma inmediata debido a la multitud de problemas aún no resueltos que pueden surgir a medida que se produzca la sustitución como es, por ejemplo, la escasa inversión que se destina a este tipo de políticas verdes o la falta de acuerdo entre los distintos partidos políticos, entre otros. Es por esta razón, que, en este documento, se va a tratar de hacer un estudio acerca de la posición actual que ocupan las energías renovables con respecto a las tradicionales en el mercado español y qué consecuencias tendría su mayor implantación en la economía de cara a un futuro próximo, considerando que ya de por sí, España está posicionada en el puesto número 18 del índice mundial de sostenibilidad energética como indica, por ejemplo, el índice Trilemma¹. Este índice, está basado en la capacidad que tienen los diferentes países de proporcionar energía sostenible en función de tres dimensiones principales, la seguridad energética, la equidad social y la capacidad de reducir el impacto medioambiental. Conseguir la implantación de energías renovables en mayor medida en España tendría múltiples beneficios como sería la menor dependencia de mercados de gas y petróleo, una reducción en la expulsión de gases de efecto invernadero o la consecución de una diversificación entre las distintas fuentes de energías disponibles. A nivel económico, además, el ascenso de las energías renovables conllevaría a un aumento en el empleo para puestos enfocados a las tecnologías “limpias”.² No obstante, al tratarse de un área aun en parte desconocida y sometida a continuos cambios, provoca que los resultados sean altamente sensibles a diversos agentes de su entorno. A continuación (figura 1), se muestra un gráfico que mide en porcentajes de donde proviene principalmente el consumo energético de los españoles.

¹ Trilemma.worldenergy.org. 2020. *WEC Energy Trilemma Index Tool*. [online] Available at: <<https://trilemma.worldenergy.org/>> [Accessed 21 March 2020].

² Ec.europa.eu. 2020. Estadísticas De Energía Renovable - Statistics Explained. [online] Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/es> [Accessed 3 April 2020].

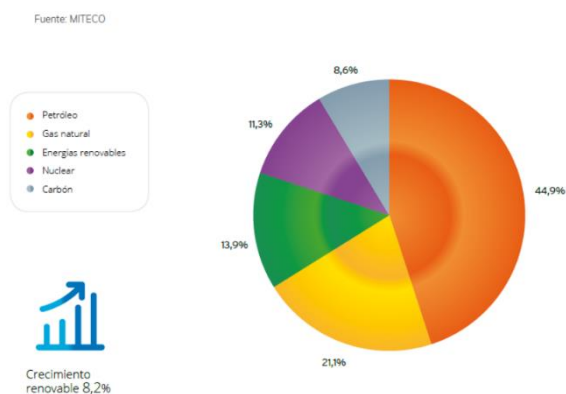


Figura 1. Consumo de energía primaria en España en 2018

A pesar de apreciar un crecimiento en el consumo de energías renovables, en España la principal fuente energética por excelencia es todavía el petróleo y es por esta razón que, además, se tratará de analizar la conexión existente entre el mercado y el crudo, para así poder entender la

importancia y consecuencias que tiene las fluctuaciones en el precio de este último en nuestra economía.

Para la realización del estudio se ha optado por coger como ejemplo ocho empresas representativas de ambos sectores en conflicto; el de las energías tradicionales frente al de las energías renovables. Por el lado de las energías tradicionales, se han escogido Técnicas Reunidas, Cepsa, BP y Galp y por el lado de las renovables, Siemens Gamesa, Solaria, Vestas y Tesla. No obstante, puesto que el análisis descriptivo de las series temporales de las empresas que pertenecen al mismo sector resulta ser bastante parecido, se ha decidido realizar éste únicamente en las dos primeras empresas de cada lista y generalizar los resultados para el resto de ellas. Por un lado, Técnicas Reunidas, multinacional española dedicada a la realización de infraestructuras para el sector del petróleo, que cotiza en la Bolsa de Madrid y formó parte del Ibex 35 hasta el año 2019³ y por otro, Siemens Gamesa, la cual empezó siendo una empresa enfocada a sectores innovadores como el de la robótica o el de la aeronáutica hasta hoy en día, que se ha convertido en una de las principales compañías de energías renovables en nuestro país⁴.

Para el segundo punto de estudio mencionado anteriormente, a lo largo del análisis también se utilizará como referencia del mercado del petróleo el petróleo Brent (figura 2), tipo de crudo que se obtiene del mar del Norte y que marca la referencia en los mercados europeos. Por último, para seguir el comportamiento del mercado español, se recogerán los datos del conocido Ibex 35; principal índice bursátil de referencia en la economía española.

³ Técnicas Reunidas. 2020. *Técnicas Reunidas | Técnicas Reunidas*. [online] Available at: <<https://www.tecnicasreunidas.es/es/inicial/>> [Accessed 21 March 2020].

⁴ Siemensgamesa.com. 2020. *La Empresa Líder En Energías Renovables | Siemens Gamesa*. [online] Available at: <<https://www.siemensgamesa.com/es-es>> [Accessed 21 March 2020].



Figura 2. Evolución del precio del Brent desde el año 2015 hasta la actualidad

II. OBJETIVOS

Con el fin de sacar conclusiones válidas de este estudio, para su realización se han utilizado los datos de las cotizaciones diarias de las empresas mencionadas, así como la cotización diaria del crudo Brent y del Ibex 35 en un periodo de 10 años, el cual se ha considera tiempo suficiente para poder observar cualquier relación en caso de haberla.

Como primordial fuente de energía usada en la actualidad, el petróleo juega un papel fundamental en nuestra economía donde casi todos los sectores se ven afectados por fluctuaciones en su coste ya sea de forma directa o indirecta,⁵ y es esta conexión la que genera interés a nivel global intentando determinar cómo afectan realmente las variaciones de su precio a otros sectores económicos. Para países dependientes en gran medida de las importaciones del petróleo, como es el caso de España, cabe pensar que existe una correlación negativa entre el precio de este y el mercado. Esto es, ante bajadas en el precio del petróleo, las empresas responderían positivamente⁶, aumentando así las expectativas de crecimiento de la economía. Mientras que el aumento del precio del crudo supondría un aumento de costes para las empresas, que haría

⁵ BBVA NOTICIAS. 2020. *¿Por Qué Sube O Baja El Precio Del Petróleo?* | BBVA. [online] Available at: <<https://www.bbva.com/es/sube-baja-precio-petroleo/>> [Accessed 21 March 2020].

⁶ Uv.es. 2020. *¿Cómo Afectan Las Variaciones Del Crudo A La Bolsa?*. [online] Available at: <<https://www.uv.es/uvweb/master-banca-finances-quantitatives/ca/master-banca-finances-quantitatives/-como-afectan-las-variaciones-crudo-bolsa-1285879375883/GasetaRecerca.html?id=1285953474451>> [Accessed 21 March 2020].

disminuir sus beneficios y, por tanto, el valor de sus acciones⁷. Otro de los argumentos que apoyan esta correlación negativa es que un menor precio del petróleo, implica menos presión también en el Índice de Precios al Consumidor o IPC, evitando así una subida de los tipos de interés por parte del Banco Central Europeo con el objetivo último de fomentar el consumo. Por tanto, atendiendo a los modelos de valor presente de las compañías, esta menor subida de los tipos implicaría un mayor valor presente de las empresas al ser menor el descuento aplicado a los rendimientos futuros de las mismas para calcularlo. Considerando entonces el conjunto de la economía española como una empresa que cotizase y cuyo precio fuese el Ibex35, una bajada en el precio del oro negro debería resultar en una subida del Ibex35. Sin embargo, con la crisis financiera sufrida en el año 2008 se observa (figura 3) que el precio del crudo evoluciona en paralelo con los movimientos del mercado mostrando así una correlación positiva, la cual vuelve a desaparecer una vez pasada esta crisis en el año 2012, reaparece levemente en el año 2016 y de nuevo, esta vez de forma pronunciada, en el año 2020 donde cómo se puede ver en el gráfico, hay una tendencia bajista que afecta tanto al crudo como al mercado, causa de la actual crisis que estamos atravesando. ⁸Esto nos lleva a plantearnos que entre el crudo y el mercado existen tendencias opuestas excepto si la caída precio del crudo fuese tan grande, que, en lugar de producir expectativas de crecimiento económico, generase justo lo contrario. Es decir, periodos de inestabilidad económica que acabarían en crisis tanto económicas como políticas ocasionando así episodios de incertidumbre a nivel mundial y haciendo caer las expectativas positivas de desarrollo de la economía.

⁷ Eleconomista.es. 2020. *Ibex 35 Y Petróleo, Punto De Vista Clásico*. [online] Available at: <<https://www.eleconomista.es/firmas/noticias/7455970/03/16/Ibex-35-y-petroleo-punto-de-vista-clasico.html>> [Accessed 12 April 2020].

⁸ Blog.iese.edu. 2020. *Bolsa Y Petróleo: ¿Hay Relación?* | *Economía Para Todos*. [online] Available at: <<https://blog.iese.edu/martinezabascal/2016/03/16/bolsa-y-petroleo-y-2/>> [Accessed 21 March 2020].

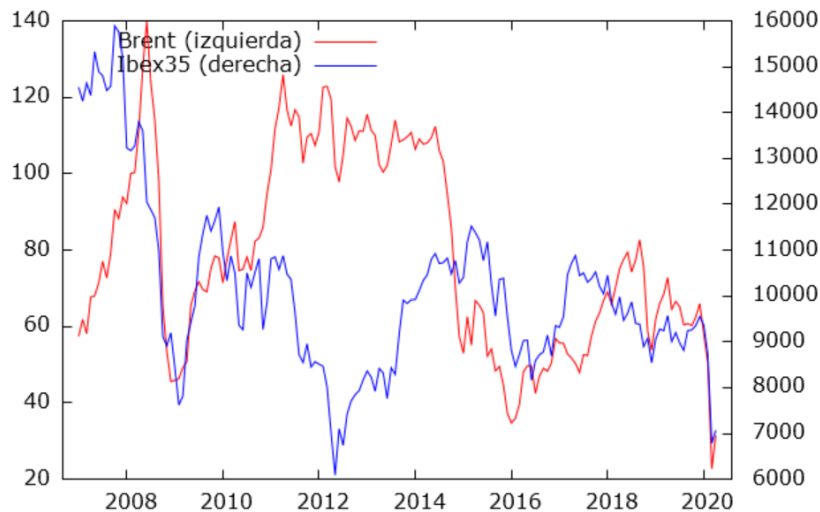


Figura 3. Gráfico comparativo evolución Ibex 35 y evolución Brent, años 2008-2020

Dada la indudable incidencia que tiene el precio del crudo en el mercado en general, ahora nos queda tratar de concretar un poco más; esto es, cómo responden empresas de diferentes perfiles, empresas de energías renovables y empresas de energías no renovables, ante las fluctuaciones en el precio del petróleo mencionadas anteriormente.

III. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS USADOS

Para poder llevar a cabo este estudio se han construido series temporales, recopilando un conjunto de datos ordenados en el tiempo, a partir de las cotizaciones diarias de las ocho empresas y se procederá a su análisis mediante la construcción de regresiones dinámicas que permitirán explicar y predecir cada variable utilizando únicamente datos de su pasado, así como datos del pasado de otras variables relacionadas. De esta forma, se podrá entender cuál es la interdependencia dinámica existente entre las variables en cuestión.

No obstante, antes de comenzar con la construcción de las regresiones en sí se comenzará por entrar más en detalle en el análisis descriptivo de las series, que por la razón explicada en la introducción se fundamentará en torno a Técnicas Reunidas y Siemens Gamesa únicamente. Al tratarse de series económicas, dos de las características más comunes de estas, son la tendencia y la estacionalidad. Observando el gráfico de la evolución de estas cotizaciones efectivamente, se pueden distinguir dos tendencias claramente opuestas, es decir, estamos ante series que parecen ser no estacionarias; mientras la serie temporal de la empresa de energías renovables

presenta una tendencia por lo general ascendente, la de Técnicas Reunidas es descendente (figura 4). Esto nos puede estar confirmando esa mayor preocupación por el medio ambiente que existe en la actualidad y que ha dado lugar a la aparición de una nueva demanda en el sector de la energía. La continua aparición de nuevas tecnologías y la bajada de precios en la energía solar fotovoltaica y en los molinos de viento⁹ ha logrado que en el año 2019 se alcanzasen en España¹⁰ unos máximos que nunca antes se habían dado, tanto en la generación de energía eólica (principal foco de Siemens Gamesa) como de energía fotovoltaica. Poco a poco, el objetivo es ir suprimiendo del sistema energético las energías tradicionales que tanto contaminan y que hacen peligrar el futuro de nuestro planeta.

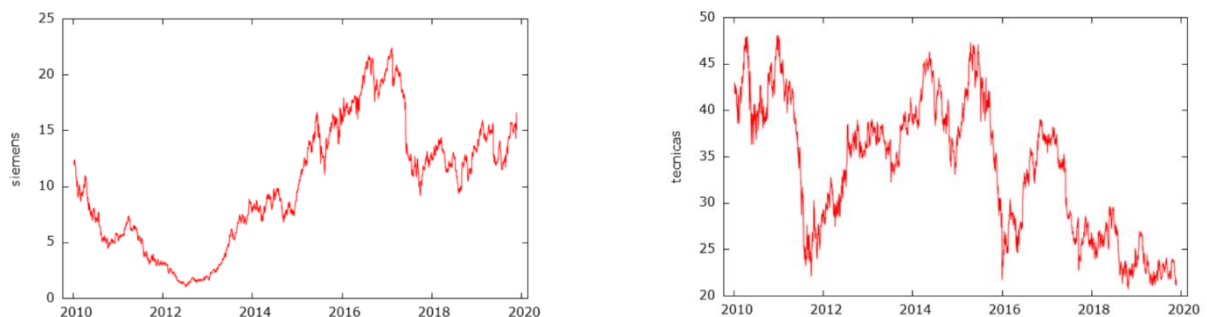


Figura 4. Cotizaciones Siemens Gamesa y cotizaciones Técnicas Reunidas

Para corroborar la no estacionariedad de las series, se ha procedido a hacer la comprobación mediante el estadístico de Dickey Fuller estableciendo como H_0 o hipótesis nula, la presencia de tendencia estocástica en los valores de las series y como hipótesis alternativa o H_1 la falta de tendencia estocástica. La hipótesis nula en este caso será rechazada cuando el p-value tome un valor igual o inferior a 0,05. Considerando además que los datos de las series son diarios, resulta razonable realizar el test para un retardo de $k = 21$, es decir, para tres semanas.

⁹ Nations, U., 2020. *El Papel De Los Combustibles Fósiles En Un Sistema Energético Sostenible* | Naciones Unidas. [online] United Nations. Available at: <<https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>> [Accessed 21 March 2020].

¹⁰ España 2020, e., F., A. and Carlos Domínguez controlarroba ('cdominguez099', ', 2020. *Panorama - España 2020, El País Con 110.000 Megavatios De Potencia Eléctrica Y Un Máximo De Demanda De 40.000 - Energías Renovables, El Periodismo De Las Energías Limpias.*. [online] Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. Available at: <<https://www.energias-renovables.com/panorama/espana-2020-el-pais-con-110-000-20200124>> [Accessed 21 March 2020].

CONTRASTE AUMENTADO DICKEY FULLER (K = 21)			
p-value Siemens Gamesa	0,7155	p-value Técnicas Reunidas	0,3459

Tanto el p-value de Siemens Gamesa como el de Técnicas Reunidas, son mayores de 0,05 por tanto, no se rechaza la hipótesis nula, es decir, en ambas series hay presencia de una tendencia estocástica como ya habíamos supuesto observando los gráficos, es decir, existen raíces unitarias.

Una vez tenido esto en mente, se procede a averiguar si las series no son estacionarias en varianza (varianza heterocedástica), en media o en las dos y poder hacer así las transformaciones oportunas, hasta conseguir que lo sean. Para ello, se analizan los gráficos de rango-media para ambas. En el gráfico construido para la empresa de energías renovables, así como en el de aquel construido para la empresa de energía tradicional (figura 5), la varianza aumenta a medida que aumenta la media; esto es, la varianza no toma un valor estable a lo largo de la serie, es heterocedástica. El siguiente paso entonces, será tratar de eliminar dicha heterocedasticidad de la varianza detectada mediante una transformación Box Cox de las series; o lo que es lo mismo, una transformación logarítmica para corregir la no linealidad de mis series.

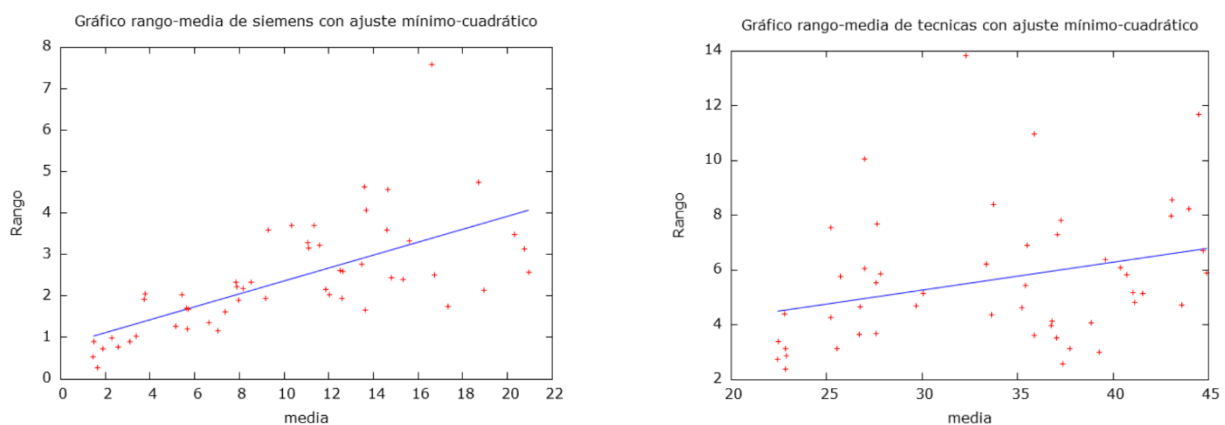


Figura 5. Gráfico rango-media Siemens y gráfico rango-media Técnicas

A pesar de haber tomado logaritmos, la no estacionariedad de las series no parece haber desaparecido todavía, pues éstas siguen presentando una cierta tendencia creciente y decreciente respectivamente (figura 6). Lo que significa que, aunque mediante la transformación Box Cox se ha conseguido que desaparezca la heterocedasticidad, las series no son estacionarias en media ya que una serie se considera estacionaria en media cuando no presenta ningún tipo de tendencia.

Por tanto, no son válidas todavía y se tienen que tomar tantas diferencias regulares como sean necesarias hasta conseguir que las series presenten una cierta afinidad hacia un valor medio constante.

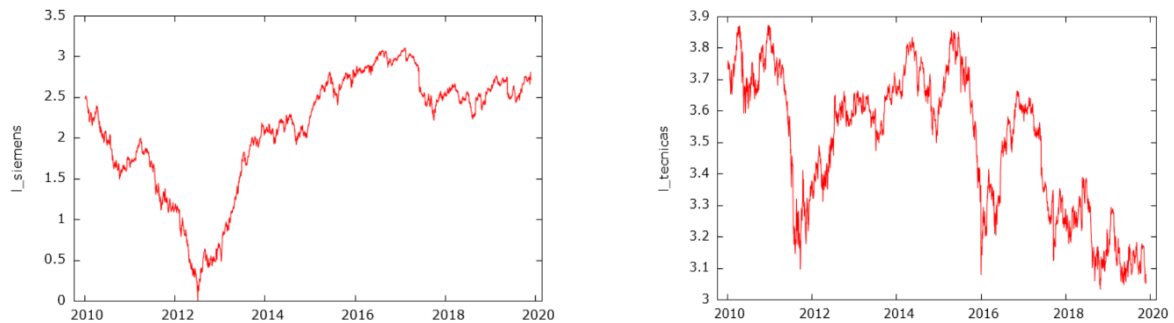


Figura 6. Transformación logarítmica Siemens y transformación logarítmica Técnicas Reunidas

Dicho de otro modo, a pesar de que el punto de partida hayan sido las cotizaciones de las empresas, llegado el momento de construir el modelo y estudiar las series, se ha de tener en cuenta la dificultad de trabajar con series temporales que no son estacionarias. Por esta razón, se calculan los rendimientos de las series como la primera diferencia de los logaritmos y así obtener la estacionariedad que se necesita. Si una vez hecho esto, además se repite el contraste aumentado de Dickey Fuller, ahora sí, se puede rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad siendo ambos p-value menores que 0,05, es decir, las series ya no tienen raíces unitarias, sino que se tienen los rendimientos estacionarios de las empresas (figuras 7), libres de unidades y que fluctúan en torno a un valor constante (cero) y estable para la muestra escogida.

CONTRASTE AUMENTADO DICKEY FULLER (K = 21)			
p-value Siemens Gamesa	0,0001	p-value Técnicas Reunidas	1,01E-0,28

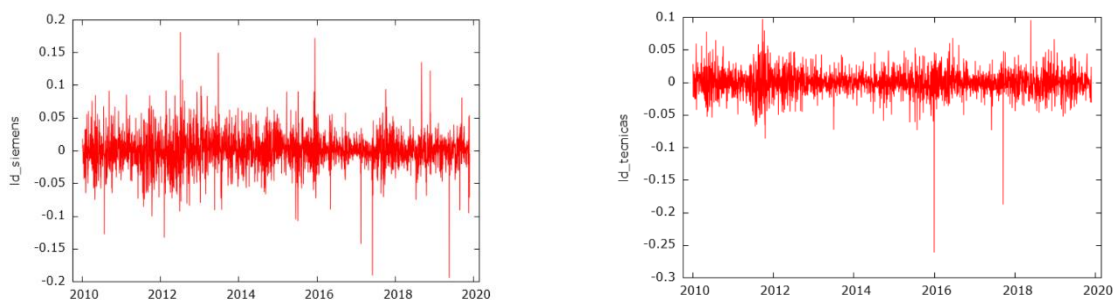


Figura 7. Serie estacionaria Siemens Gamesa y serie estacionaria Técnicas Reunidas

Ahora, a simple vista en los gráficos de la figura 7, podemos observar que no existe correlación entre los rendimientos de las series. Además, la función de autocorrelación simple y la función autocorrelación parcial de las series para un retardo de $k = 21$ (figura 8) como se ha venido haciendo hasta ahora, también muestran la ausencia de correlación entre los rendimientos, la cual es una de las peculiaridades más destacadas de las series de rendimientos financieros. Como se puede observar, prácticamente en ninguno de los casos se aprecian coeficientes de correlación significativos. Lo que quiere decir, que los rendimientos financieros son variables, donde el valor que toma la observación 1 no tiene nada que ver con el valor que tomen las observaciones sucesivas a esta primera, es decir, el patrón general que siguen los rendimientos financieros es de ruido blanco o lo que es lo mismo, no tienen dependencia y de ahí la dificultad para predecirlos utilizando su propia dependencia.

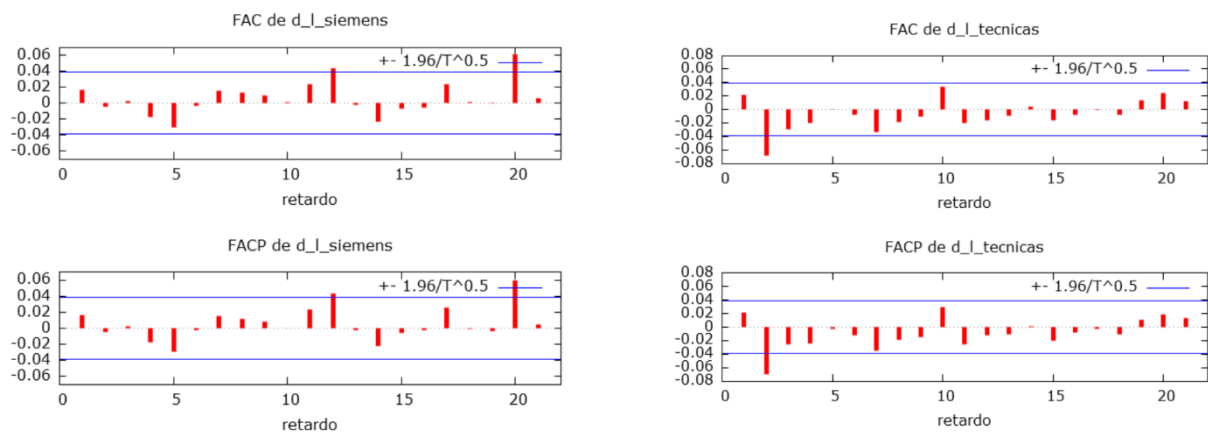


Figura 8. Función autocorrelación simple y función autocorrelación parcial de los rendimientos Siemens Gamesa y de los rendimientos de Técnicas Reunidas

Ya que se había conseguido la estacionariedad de ambas series, por último, se ha procedido a la realización de otro test, el test de Jarque Bera; esta vez para comprobar la normalidad de las series. En ambos casos, el p-value es cero; lo que significa que tomando como hipótesis nula la normalidad de las series y como alternativa o H_1 la no normalidad de las mismas, se rechazaría la hipótesis nula de normalidad.

Como de los rendimientos no se puede obtener gran información debido a la falta de dependencia entre ellos, se ha optado por introducir los rendimientos al cuadrado como proxy de volatilidad de las series, para ver si así se consigue obtener la información buscada. Si ahora entonces nos fijamos en los gráficos de la figura 9, que recogen los rendimientos al cuadrado de las series, se ve claramente que los rendimientos al cuadrado de las series presentan una distribución

totalmente asimétrica, la cual era mucho menos pronunciada en el caso de los rendimientos simples.

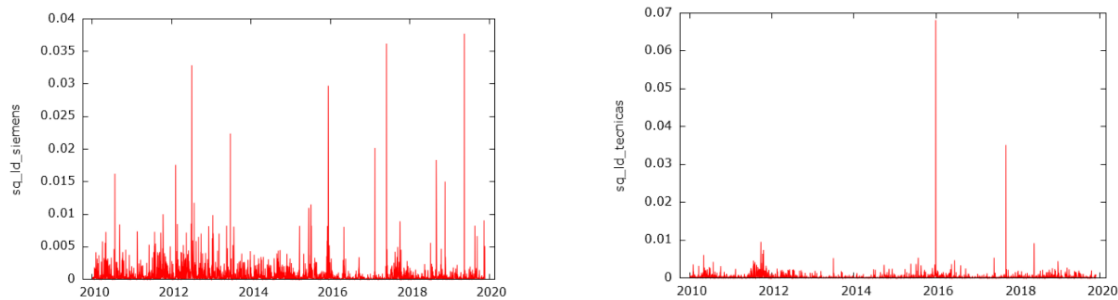


Figura 9. Rendimientos al cuadrado Siemens Gamesa y rendimientos al cuadrado Técnicas Reunidas

Si ahora se pone la atención en las funciones de autocorrelación de los rendimientos al cuadrado (figuras 10), sí que se obtienen coeficiente significativos y positivos. Lo que implica, que la volatilidad de cada una de las series depende de la volatilidad su propio pasado.

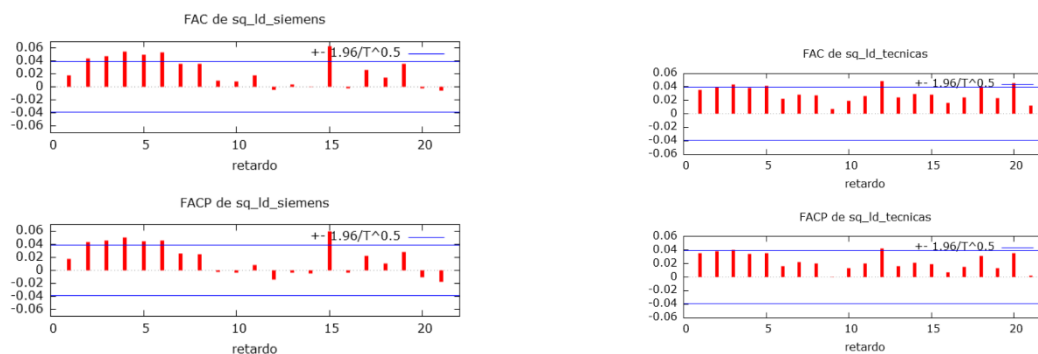


Figura 10. Función autocorrelación simple y función autocorrelación parcial rendimientos al cuadrado Siemens Gamesa y de los rendimientos al cuadrado Técnicas Reunidas

IV. METODOLOGÍA

Como dentro de este contexto el objetivo es modelar series temporales entre las que existen dependencias dinámicas, es decir, en las que de cada variable no solo interesa qué relación tiene con su propio pasado sino qué relación tiene también con el pasado del resto de variables en el sistema, se ha pasado a introducir las funciones de correlación cruzada o correlogramas cruzados.

Empezando con los correlogramas cruzados de los rendimientos de las empresas con el petróleo, se ve que como era lógico y de acuerdo con el análisis descriptivo hecho anteriormente, no existen interdependencias dinámicas entre los rendimientos del crudo con los rendimientos de Técnicas

Reunidas, igual que tampoco existe una estructura entre los rendimientos crudo y los rendimientos de Siemens Gamesa. Esto se debe a que en general los rendimientos financieros siguen un patrón de ruido blanco y, por tanto, tiene poco interés estudiar la interdependencia dinámica de estos, pues en general, es difícil encontrarla. Sin embargo, sí se puede identificar un único coeficiente significativo en $k=0$ para ambas empresas. El valor en $k=0$ indica la correlación existente entre una serie y otra en el momento presente, esto es, sin retardos. Este tipo de correlación se conoce como correlación contemporánea y su aparición es lógica cuando comparamos series de rendimientos financieros pues los mercados se mueven conjuntamente. Aun así, este único coeficiente de correlación contemporánea ya está proporcionando cierta información acerca del resultado al que se quiere llegar. Como podemos observar el coeficiente en $k=0$ en el gráfico de la izquierda de la figura 11 es mucho menos significativo que este mismo en el gráfico de la derecha de la misma figura. Lo que indica que contemporáneamente, Siemens Gamesa es menos sensible al precio del petróleo de lo que lo es Técnicas Reunidas, empresa que depende directamente de este.

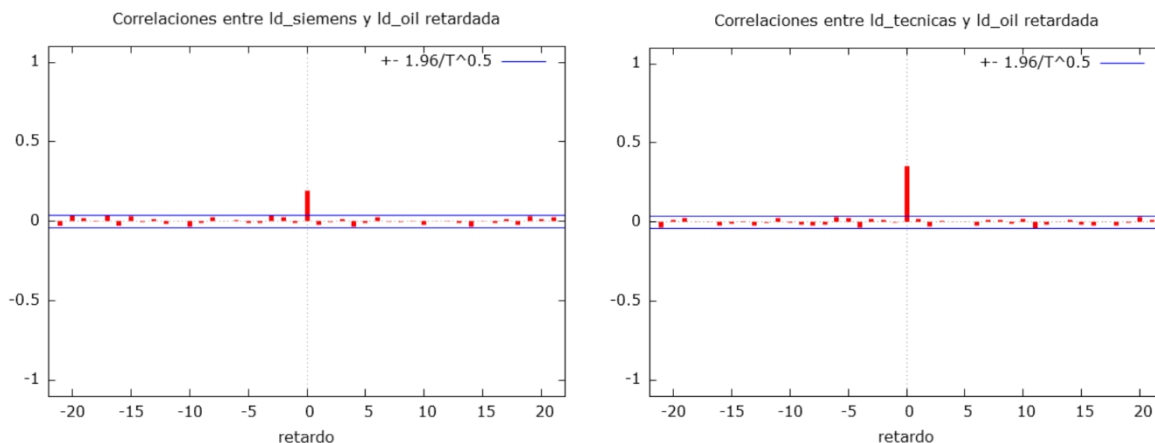


Figura 11. Correlograma cruzado rendimientos Siemens Gamesa y Técnicas Reunidas con Brent

Ahora, para poder estudiar en mayor profundidad las interdependencias dinámicas ya que con los correlogramas cruzados de los rendimientos no se obtienen demasiadas conclusiones, es interesante ver si existen estas interdependencias entre las volatilidades de las series. Antes de utilizar un modelo para obtener la volatilidad estimada de las series, como ya se ha explicado en el apartado anterior, se va a empezar por utilizar como proxy de volatilidad los rendimientos al cuadrado de las series temporales y a partir de este punto, ya sí se procederá a introducir el resto de las empresas seleccionadas.

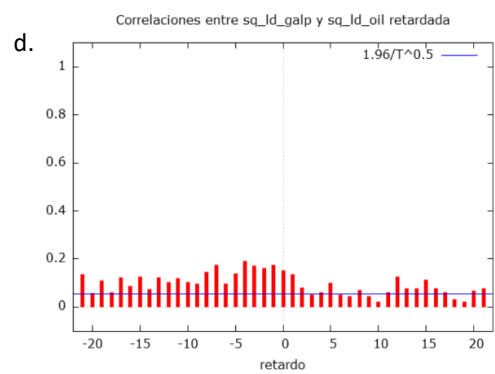
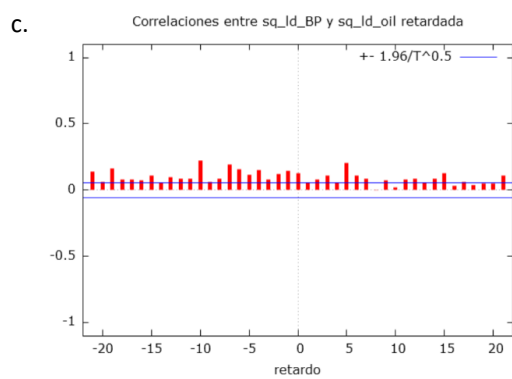
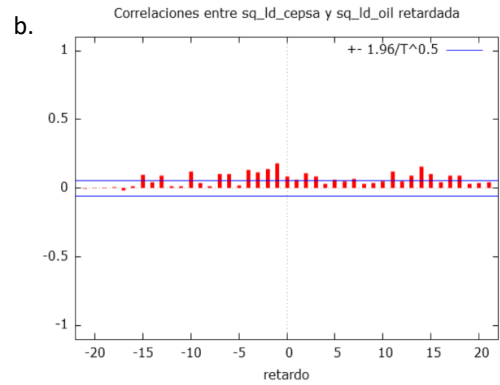
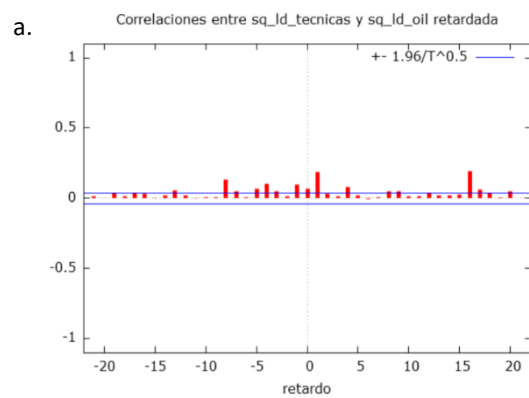
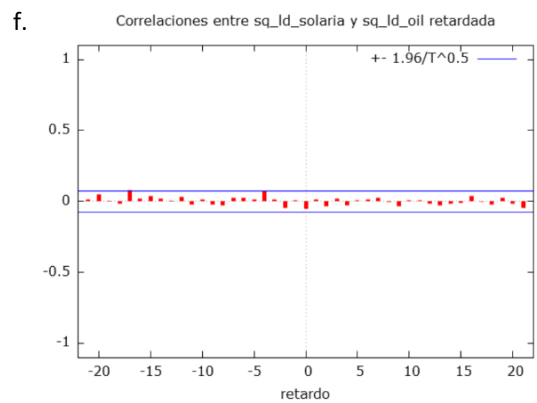
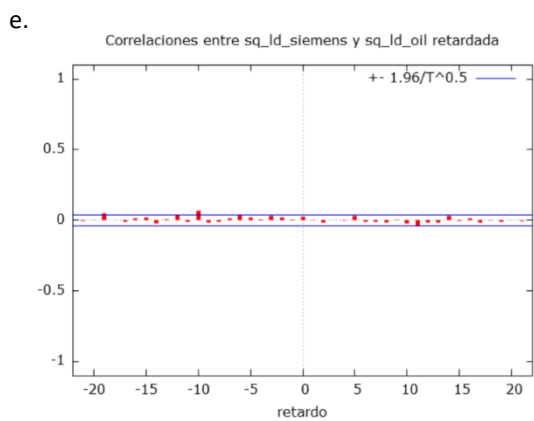


Figura 12. Correlogramas cruzado rendimientos cuadrados Técnicas Reunidas (panel a), Cepsa (panel b), BP (panel c) y Galp (panel d)



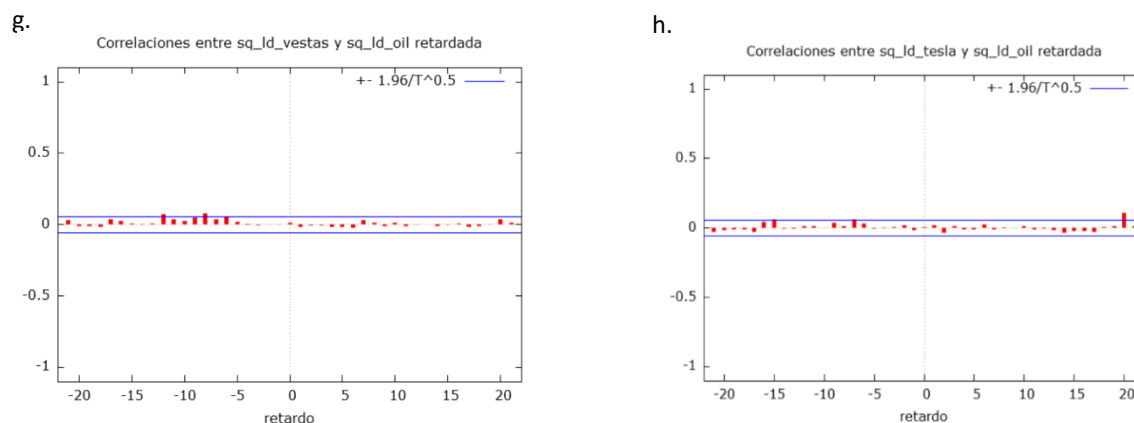


Figura 13. Correlogramas cruzado rendimientos cuadrados Siemens Gamesa (panel e), Solaria (panel f), Vestas (panel g) y Tesla (panel h) con Brent

Ahora sí, resulta evidente la presencia de relación interdinámica entre la volatilidad del petróleo y la volatilidad de las empresas de energía tradicional (figura 12). En cambio, este no es el caso para aquellas de energías renovables (figura 13) donde la relación interdinámica con el petróleo es mucho más débil. Esta dependencia dinámica que se observa en los cuatro gráficos de la figura 12, se traduce precisamente en que la relación entre la volatilidad de las empresas cuyo negocio gira en torno al crudo y la volatilidad del petróleo, no es solo en un instante determinado de tiempo donde una variación grande en el precio del crudo tiene alta probabilidad de ser seguida por una variación grande también en el precio de la empresa, sino que además el comportamiento pasado de las volatilidades del petróleo puede tener influencia en el valor presente de las volatilidades de las empresas y al revés; existe una relación bidireccional. No obstante, este resultado solo está proporcionando un modelo de asociación; en ningún caso es un modelo causal pues no necesariamente implica que la volatilidad de Técnicas Reunidas, Cepsa, BP o Galp, este generando la volatilidad del petróleo. La volatilidad tendría que crecer cuando se está atravesando un periodo de recesión, y ser menor en los periodos de expansión¹¹. En la figura 12 se puede identificar también que, tras periodos de baja correlación entre las dos series bajo estudio, existen periodos de alta correlación. Esto último, generalmente se corresponde justo con los momentos de tiempo en los cuales las volatilidades son más elevadas.

¹¹ ALONSO, J. and ARCOS, M., 2020. CUATRO HECHOS ESTILIZADOS DE LAS SERIES DE RENDIMIENTOS: UNA ILUSTRACIÓN PARA COLOMBIA. [online] Scielo.org.co. Available at: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232006000300005> [Accessed 21 March 2020].

El precio del petróleo es un valor altamente volátil, cuenta con cambios rápidos y extremos a lo largo del tiempo que se desvían de un valor medio. Esto se debe a la alta dependencia del petróleo de condiciones políticas, económicas, cambios tecnológicos,... y son precisamente estos factores los que provocan periodos de incertidumbre que afectan directamente a los precios.¹² Esto explicaría por qué empresas como por ejemplo Técnicas Reunidas, cuyo negocio se fundamenta alrededor del petróleo, presenta volatilidades altas en sus valores y que además en su mayoría, están correlacionadas con las volatilidades del crudo, como se ha podido demostrar en los gráficos anteriores. No obstante, no siempre es así pues las cotizaciones de Técnicas Reunidas además de verse afectadas por las variaciones en el precio del petróleo, también le afectan otros factores ajenos al mismo y al revés. Para observar esto, se ha cogido como muestra el año 2019 y se ha construido para este periodo un gráfico de series temporales que contenga las volatilidades del oil y de la empresa de energía tradicional. Lo que se puede ver entonces es que, pese a que en su gran mayoría coinciden en altura las subidas y bajadas de las volatilidades de una serie con la otra, hay ciertas fechas en las que esto no es así y es esto lo que demostraría que puede haber otras causas distintas a las fluctuaciones en el precio de una serie y de la otra, que influyan en las cotizaciones. En el caso de las volatilidades de Técnicas Reunidas (línea roja), llama especialmente la atención el pico que resalta por encima de la volatilidad del petróleo a finales de febrero. En este periodo Técnicas Reunidas fue elegida por ExxonMobil para llevar a cabo la expansión de una refinería en Singapur, además de la construcción de una planta de ciclo combinado que se situaría en los Emiratos Árabes. Serían entonces, estos dos factores los que explicarían la subida de Técnicas Reunidas por encima del crudo. Del mismo modo, la volatilidad del oil (línea azul) sobre la de Técnicas Reunidas en septiembre del 2019, debe su explicación a un factor también excepcional como fueron los ataques a diversas refinerías de Arabia Saudí, que provocaron una caída del abastecimiento de petróleo a nivel mundial.

¹² Repositorio.comillas.edu. 2020. [online] Available at: <<https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/24240/1/TFG%20ANONIMO%20.pdf>> [Accessed 21 March 2020].

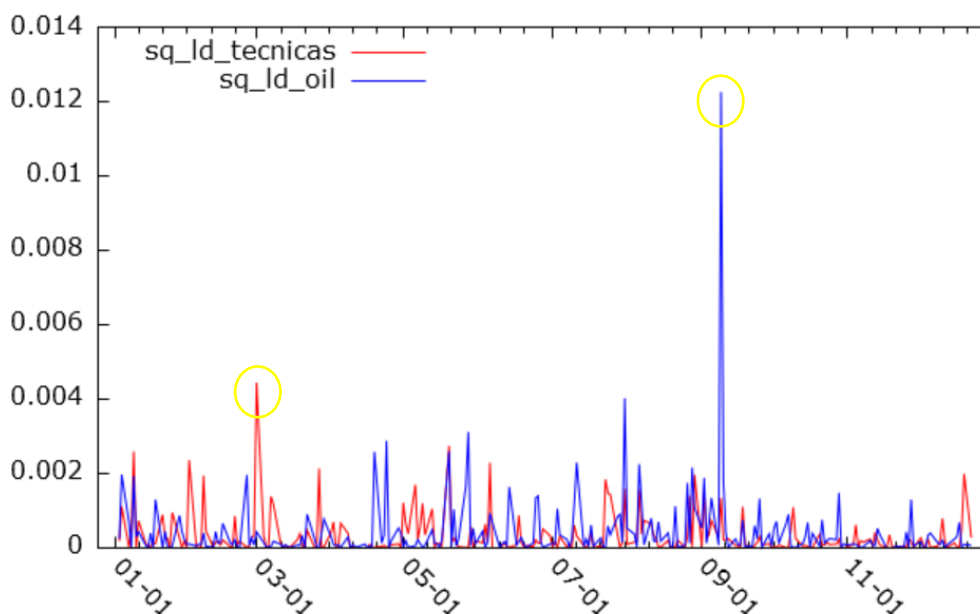


Figura 14. Gráfico de series temporales, volatilidad Técnicas Reunidas y volatilidad Brent

Estas conclusiones han sido obtenidas acerca de las volatilidades de empresas dedicadas al sector del petróleo en relación con el crudo Brent. Sin embargo, no se puede decir lo mismo para el primer grupo, esto es, compañías de energía renovables, donde sigue sin haber ningún coeficiente de correlación significativo ni siquiera cogiendo los rendimientos al cuadrado; las variaciones en el precio del crudo Brent, no afectan a las variaciones en las cotizaciones de las empresas de renovables, igual que tampoco lo hacen sus volatilidades. Este hecho, hace pensar que el precio del petróleo no compite con las energías renovables, ya que este no les afecta directamente¹³. Una de las razones que justifican estos resultados es que en la actualidad estos dos tipos de energía todavía no sirven al mismo mercado; mientras el petróleo sigue siendo líder en el mercado del automovilismo, las renovables se utilizan fundamentalmente para la generación de calor y electricidad¹⁴. Será a medida que se unifiquen ambos mercados, por ejemplo, mediante una mayor implantación de coches eléctricos en España, que probablemente la correlación entre ambos tipos de energías sea mayor.

¹³ BBC News Mundo. 2020. *Cae El Precio Del Petróleo: ¿Adiós A Las Energías Verdes?*. [online] Available at: <https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/02/150202_petroleo_precio_energias_renovables_lp> [Accessed 21 March 2020].

¹⁴ EOLICCAT. 2020. *¿Cómo Afecta La Caída Del Precio Del Petróleo A Las Energías Renovables?* - EOLICCAT. [online] Available at: <<http://eoliccat.net/como-afecta-la-caida-del-precio-del-petroleo-a-las-energias-renovables/?lang=es>> [Accessed 21 March 2020].

El siguiente paso será, por tanto, construir las regresiones dinámicas para las volatilidades de las empresas bajo estudio y las volatilidades del petróleo para así confirmar los resultados a los que se ha llegado mediante los gráficos. Para ello, se empleará la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios considerando como máximo retardo $k=21$. A continuación, se resume la información obtenida de la estimación; donde primero se han considerado como variables dependientes los rendimientos al cuadrado de las ocho empresas separadas en dos bloques (tradicionales y renovables) (tabla 1), es decir, estamos considerando la parte derecha de los correlogramas cruzados ($k>0$) anteriormente representados en la cual la volatilidad del petróleo está más retardada que la volatilidad de las empresas.

Var dep	Retardos significativos	Signos	R^2
---------	-------------------------	--------	-------

Variable dependiente rendimientos cuadrados empresas energía tradicional

$r_{tec(t)}^2$	0,1,2,4,16,21 al 5%	Positivos en general	0,075
$r_{cep(t)}^2$	0,2,3,11,14,15,17,18 al 5% (mayoría)	Positivos todos	0,065
$r_{BP(t)}^2$	0,3,5,6,8,15,21 al 5%	Positivos	0,089
$r_{gal(t)}^2$	0,1,5,12,15 al 5%	Positivos todos	0,071

Variable dependiente rendimientos cuadrados empresas energía renovable

$r_{sie(t)}^2$	5,11,14 al 10%	Positivos y negativos	0,006
$r_{sol(t)}^2$	No hay	No hay	0,015
$r_{vec(t)}^2$	No hay	No hay	0,006
$r_{tes(t)}^2$	20 al 5%	Positivo	0,02

Tabla 1: Resultados de estimación del MDR, $K_{max} = 21$

Lo primero que salta a la vista de esta estimación, es que son más los coeficientes significativos y positivos estimados por Mínimos Cuadrados Ordinarios para Técnicas Reunidas, Cepsa, BP y Galp que, para las empresas del segundo bloque, donde hay mucha menos estructura de dependencia siendo además significativos únicamente al 10% la que más tiene (Siemens Gamesa) o siendo incluso inexistentes en el caso de Solaria y Vestas. Esto indica, que la volatilidad del petróleo afecta en mayor medida a la volatilidad de una empresa que se dedica directamente al mismo, es decir, cuando hay volatilidad alta en el mercado del petróleo, hay volatilidad alta también en el mercado de las cuatro primeras empresas y que, además, no se espera que esta se reduzca.

Como se puede ver, ninguno de los R-cuadrado utilizados como medida de bondad del ajuste son muy altos. Esto se debe, a que son muchas las variables que explican la volatilidad de las distintas empresas, como ya se ha demostrado anteriormente tomando como ejemplo Técnicas Reunidas y, sin embargo, aquí solo se ha cogido la volatilidad del petróleo. No obstante, aun siendo muy bajos por la razón presentada, el R-cuadrado de las empresas de energías renovables en las regresiones estimadas es en media un 84% inferior al de las empresas cuyo negocio depende directamente del precio del petróleo, lo que indica de nuevo que realmente los pasados de la volatilidad del crudo, no explican la volatilidad de las compañías del segundo bloque con respecto al grado explicativo que tiene el pasado de la volatilidad del oil con las volatilidades de las empresas de energía tradicional.

Como bien se ha indicado anteriormente, la relación existente entre las volatilidades de las series es bidireccional y, por tanto, ahora se ha pasado a estimar las regresiones mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios pero esta vez tomando como variable dependiente la volatilidad del petróleo, es decir, considerando el lado izquierdo de los correlogramas cruzados ($k < 0$) (tabla 2). De nuevo, son más los retardos significativos del primer bloque de regresiones y el R-cuadrado sigue siendo más alto que en la segunda; confirmando entonces el aspecto empírico presentado también en sentido opuesto, siendo este que la volatilidad del petróleo se ve afectada por volatilidades pasadas de Técnicas Reunidas y del resto de empresas con las que comparte sector, y que esto no pasa en el caso las empresas de energías renovables.

Var dep	Retardos significativos	Signos	R ²
---------	-------------------------	--------	----------------

Var expl. rtos cuadrados empresas energía tradicional (Técnicas Reunidas, Cepsa, BP y Galp respectivamente)

$r_{oil(t)}^2$	0,1,3,4,5,7,8,13 al 5%	Positivos todos	0,048
$r_{oil(t)}^2$	1,2,4,6,10,13,15 AL 5%	Positivos todos	0,084
$r_{oil(t)}^2$	0,1,4,6,7,10,19,21 al 5%	Positivos todos	0,13
$r_{oil(t)}^2$	0,1,2,3,4,7,8,17,21 al 5%	Positivos todos	0,121

Var expl. rtos cuadrados empresas energía renovables (Siemens Gamesa, Solaria, Vestas y Tesla respectivamente)

$r_{oil(t)}^2$	10,19 al 5%	Positivos todos	0,013
$r_{oil(t)}^2$	4,17 al 10%	Positivos todos	0,027
$r_{oil(t)}^2$	6,8,12 al 10%	Positivos todos	0,019
$r_{oil(t)}^2$	7,15,16 al 10%	Positivos todos	0,019

Tabla 2: Resultados de estimación del MDR, $K_{max} = 21$

Como es evidente, cada serie aparte de depender de los pasados de otras series con las que tengan relación, también dependen de su propio pasado. Por tanto, si a las estimaciones obtenidas se les introdujesen retardos de las variables dependientes consideradas en cada caso, tanto el número de coeficientes significativos como el valor del R-cuadrado aumentarían y es lo que se ha demostrado a continuación (tabla 3).

Var dep	Retardos significa	Signos	R^2
---------	--------------------	--------	-------

Variable dependiente rendimientos cuadrados empresas energía tradicional

$r_{tec(t)}^2$	0,1,2,4,16,21 (oil) 3,18 (tec) al 5%	Positivos en general	0,085
$r_{cep(t)}^2$	1,13,14 (oil) 1,3,4,6 (cepsa) al 5%	Positivos en general	0,196
$r_{BP(t)}^2$	0,3,5,8,10,15,21 (oil) 1,3,5,6,8,12,14 (BP) al 5%	Positivos en general	0,159
$r_{gal(t)}^2$	1,2,12 (oil) 1,2,3,5,6,8,12,14,17,19 (galp) al 5%	Positivos todos	0,164

Variable dependiente rendimientos cuadrados empresas energía renovable

$r_{sie(t)}^2$	5,11,14 (oil) 3,4,5,6,15 (sie) al 10%	Positivos y negativos	0,023
$r_{sol(t)}^2$	8,14,20 (sol) al 10%	Negativos en general	0,051
$r_{ves(t)}^2$	1,4,13 (veo) al 10%	Positivos	0,049
$r_{tes(t)}^2$	20 (oil) 1,2,14,16 (tes) al 5%	Positivos	0,106

Var expl. rtos cuadrados empresas energía tradicional (Técnicas Reunidas, Cepsa, BP y Galp respectivamente) y oil

$r_{oil(t)}^2$	0,1,4,8,11,15,20 (tec) 1,2,4,7,8,9,12,13,15,19 (oil) al 5%	Positivos en general	0,117
$r_{oil(t)}^2$	1,2,5,6,8,10,13,15,16,17 (cepsa) 1,2,4,8,9,11,12,19 (oil) al 5%	Positivos en general	0,13
$r_{oil(t)}^2$	0,1,4,6,7,10,19,21 (BP) 1,8,11,12,19 (oil) al 5%	Positivos en general	0,152
$r_{oil(t)}^2$	0,1,2,3,4,7,8,20,21 (galp) 9,11,12,19 (oil) al 5%	Positivos en general	0,139

Var expl. rtos cuadrados empresas energía renovables (Siemens Gamesa, Solaria, Vestas y Tesla respectivamente) y oil

$r_{oil(t)}^2$	6,10,14,19 (sie) 1,2,4,8, 9, 11,12,13,15,17,19,20 (oil) al 10%	Positivos y negativos	0,103
$r_{oil(t)}^2$	4,17 (sol) 8,11,18 (oil) al 10%	Positivos y negativos	0,081
$r_{oil(t)}^2$	6,8,12 (ves) 1,2,4,8,9,12,19 al 10%	Positivos	0,086
$r_{oil(t)}^2$	7,15 (tes) 1,4,8,9,12,19 (oil) al 5%	Positivos	0,09

Tabla 3: Resultados de estimación del MDR con retardos de las variables dependientes, $K_{max} = 21$

Hasta el momento, se han estado utilizando únicamente los rendimientos al cuadrado como proxy de la volatilidad de las empresas seleccionadas y del petróleo. Otra forma de estimar esta volatilidad y así poder comprobar si los resultados se mantienen y, por tanto, si verdaderamente

se ha llegado a alguna conclusión con el primer método, es mediante la construcción de modelos GARCH univariantes. Este tipo de modelos, lo que consiguen es capturar la volatilidad agrupada del mercado en el tiempo mediante una varianza condicional. Una vez construidos los modelos GARCH, para este caso concreto, GARCH (1,1), se ha procedido de la misma forma que con los rendimientos al cuadrado, es decir, se han ilustrado los correlogramas cruzados entre los modelos de volatilidad condicional estimada para las diferentes empresas con el modelo de volatilidad condicional estimada para el petróleo. Una vez más lo que se puede observar es que todos los parámetros que tienen que ver con la volatilidad condicional en la figura 15 (que recoge los gráficos de las empresas de energías tradicionales) son muy significativos, el efecto está muy presente y, por tanto, se ve mucha estructura; hay gran dependencia dinámica entre Técnicas Reunidas, Cepsa, BP y Galp con el petróleo Brent.

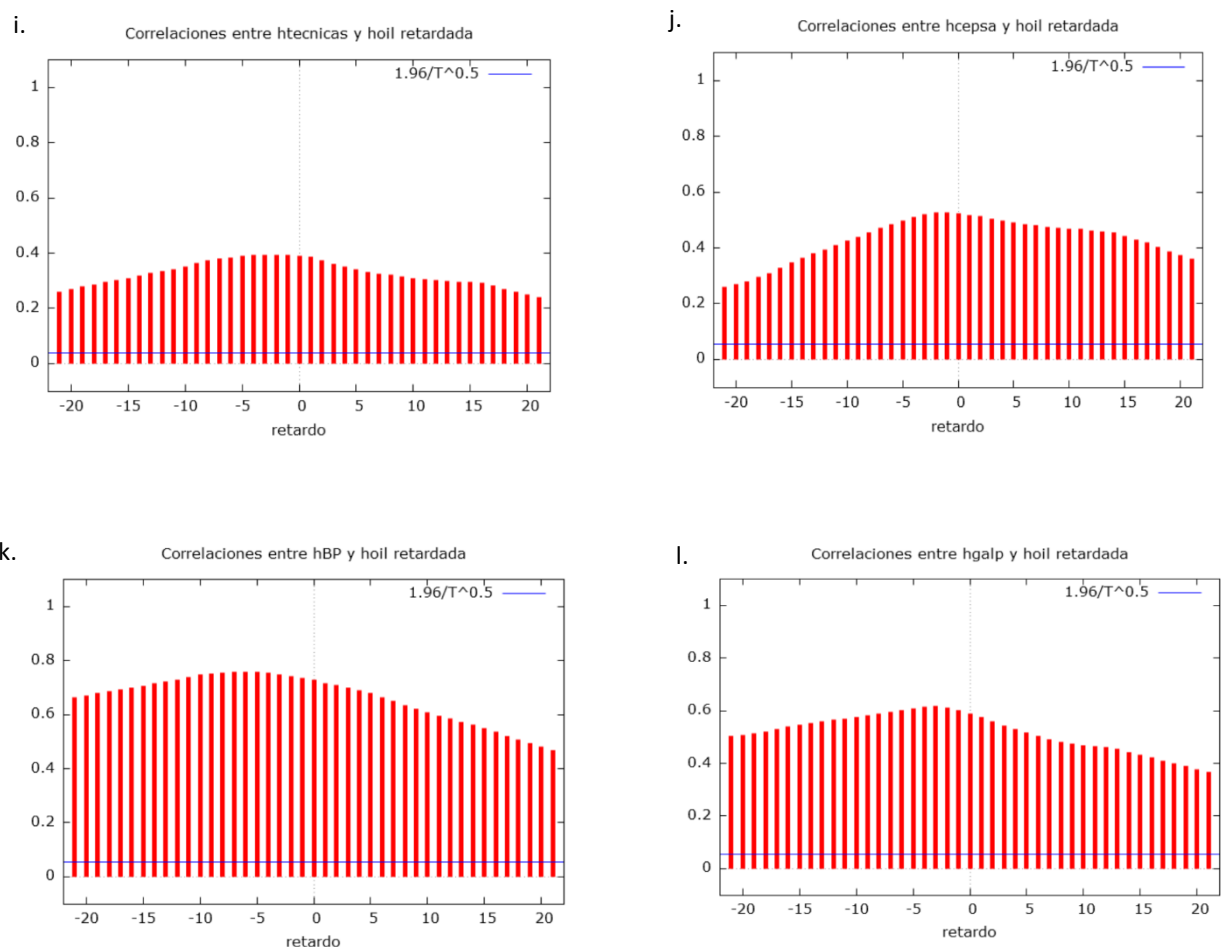


Figura 15. Correlogramas cruzados de la varianza condicional de los rendimientos de Técnicas Reunidas (panel i), Cepsa (panel j), BP (panel k) y Galp (panel l) con la varianza condicional del crudo Brent estimadas con GARCH (1,1)

Estos resultados son muy distintos a los obtenidos en la figura 16, donde prácticamente no hay coeficientes significativos y si hay alguno ya que estamos trabajando con series estimadas, su grado de significatividad es mucho inferior al de los vistos en la figura anterior. El patrón que resulta de las empresas de energías renovables, Siemens Gamesa, Solaria, Vestas y Técnicas Reunidas, es claro, no existe interdependencia dinámica con el petróleo.

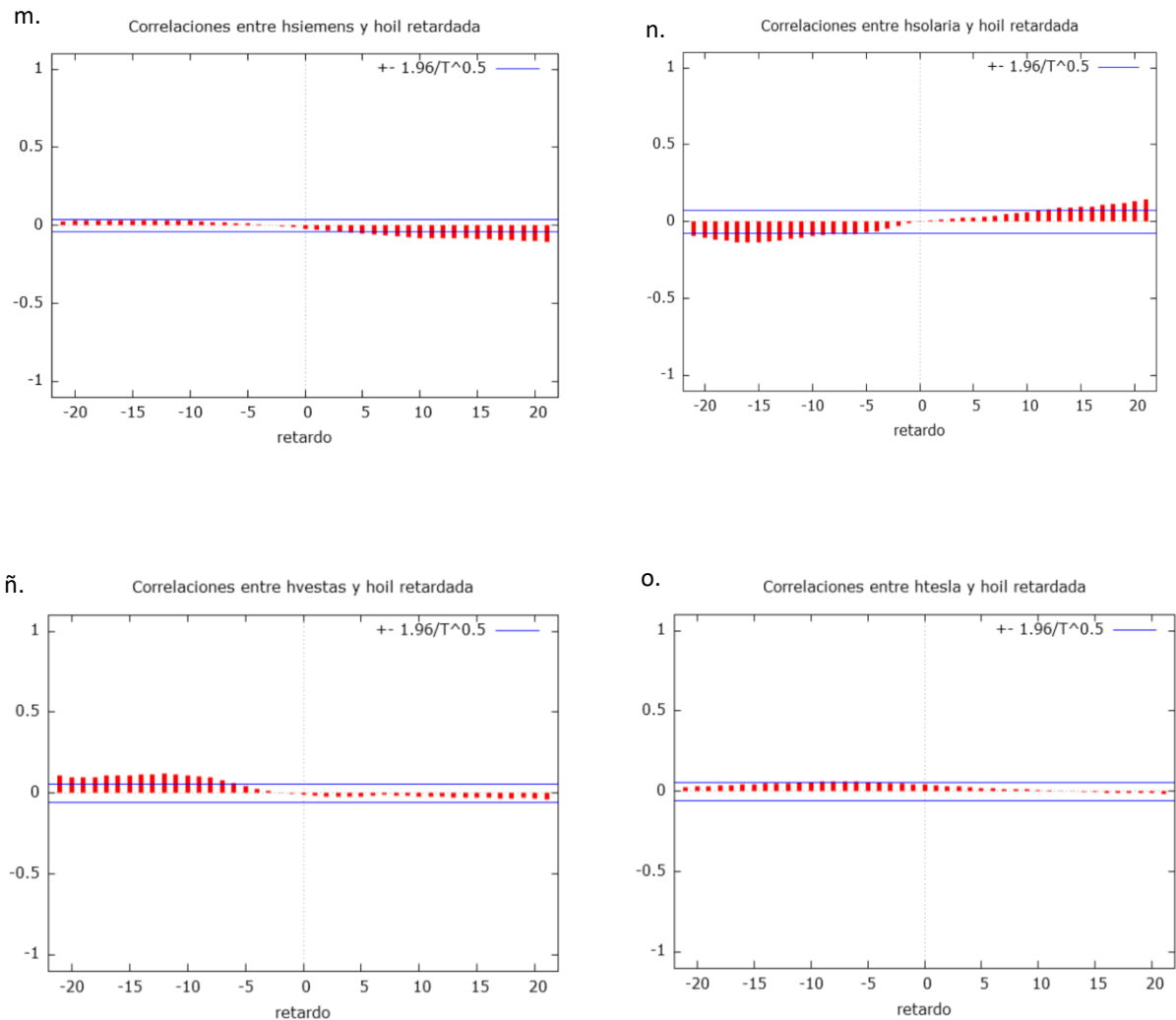


Figura 16. Correlogramas cruzados de la varianza condicional de los rendimientos de Siemens Gamesa (panel m), Solaria (panel n), Vestas (panel ñ) y Tesla (panel o) con la varianza condicional del crudo Brent estimadas con GARCH (1,1)

Como se ha podido comprobar, pese a que las conclusiones resultantes son las mismas, las volatilidades estimadas mediante modelos como el GARCH (1,1) son mucho más ilustrativas que aquellas estimadas con los rendimientos al cuadrado; se observa una interdependencia dinámica más fuerte entre el crudo y las energías tradicionales.

V.MODELIZACIÓN Y ESTIMACIÓN

Llegados a este punto y teniendo en cuenta el contexto univariante que se está tratando, para modelizar el conjunto de las series se procederá a la estimación de un modelo autorregresivo vectorial o VAR. Los modelos VAR son extremadamente útiles en este contexto pues permiten recoger la interdependencia dinámica existente entre dos o más series. En este caso, como el fin es tratar de analizar dos series en un mismo modelo, ya que se están enfrentado las volatilidades del crudo con las del resto de empresas, se van a tener sistemas bivariados o lo que es mismo, de dos ecuaciones donde a cada una de las variables le corresponde una ecuación en el sistema. Lo que se pretende con esto, es explicar que cada variable no solo depende de su propio pasado, sino que, además, también depende del pasado de las otras variables del sistema más un término de error que es específico para cada una de ellas. Dicho de otra forma, se consigue que los retardos de las volatilidades del crudo y los retardos de las volatilidades de las empresas definan el comportamiento de la variable “volatilidades del crudo” en la primera ecuación, empleando la misma lógica en la segunda ecuación, pero esta vez para la variable “volatilidades de una de las empresas”.

$$\begin{aligned}
 r^2 oil_t &= \beta_{1,0} + \beta_{1,1} r^2 oil_{t-1} + \dots + \beta_{1,t} r^2 oil_{t-p} + \theta_{1,1} r^2 empresa_t \\
 &\quad + \theta_{1,2} r^2 empresa_{t-1} \dots + \theta_{1,t} r^2 empresa_{t-p} + \varepsilon_{1,t} \\
 r^2 empresa_t &= \beta_{2,0} + \beta_{2,1} r^2 empresa_{t-1} + \dots + \beta_{2,t} r^2 empresa_{t-p} + \theta_{2,1} r^2 oil_t \\
 &\quad + \theta_{2,2} r^2 oil_{t-1} + \dots + \theta_{2,t} r^2 oil_{t-p} + \varepsilon_{2,t}
 \end{aligned}$$

Si bien el modelo de vector autorregresivo es útil para estudiar las relaciones interdinámicas entre variables, éste no consigue capturar las relaciones contemporáneas entre las mismas; esto es, en las ecuaciones no aparecen los componentes en el momento t, sino que únicamente aparecen las relaciones pasadas. Las relaciones contemporáneas entonces, pasan a formar parte de la matriz de varianzas y covarianzas, que se mostrará con más detenimiento más adelante. Además, las

perturbaciones están correlaciones, es decir, la relación entre los ruidos no es cero de forma que, si hay algo que afecte a una de las ecuaciones, la otra ecuación se debe ver afectada también. Por último, otro de los factores importantes que se ha de tener en cuenta para que sea posible la construcción de este modelo, es qué variable se utiliza primero cómo dependiente y cuál después. Concretamente, en este caso, se ha decidido que la variable dependiente de la primera ecuación sean las volatilidades del crudo bajo el razonamiento de que si hay un shock en el precio del crudo, este se va a ver reflejado inmediatamente en el precio de las acciones de las empresas pues estos precios se mueven rápido (especialmente los de aquellas empresas cuya relación con el petróleo sea directa) y sin embargo, no pasa al revés; el movimiento de los precios de las acciones no afecta directamente al precio del crudo, ya que el mercado del petróleo es un mercado mucho más amplio en el cual entran en juego muchas otras variables.

Como ya se ha mostrado, el modelo de vector autorregresivo o VAR, se compone de dos ecuaciones y una de las formas más empleadas para la estimación de sus coeficientes es de nuevo a través de la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios de ecuación en ecuación. No obstante, antes de proceder a la estimación en sí, se ha de elegir el orden del modelo, es decir, el número de retardos por variable que se introducirán en cada ecuación. Para ello, generalmente se utilizan los criterios de información y se elige aquel número de retardos que consiga minimizar el valor de estos o al menos de alguno de ellos; el criterio de información Akaike, el criterio de información Bayesiano y el criterio de información Hannan-Quinn. Atendiendo a estos criterios probablemente se obtendrían modelos VAR de mayor retardo en aquellas empresas cuya dependencia con el crudo fuese mayor, es decir, en Técnicas Reunidas, Cepsa, BP y Galp, pues cuanto mayor sea el retardo en el modelo, mejor se consigue capturar la dependencia existente en el sistema de ecuaciones. No obstante, como en el caso bajo estudio es necesario la estimación y comparación de ocho modelos de vector autorregresivos (uno por cada empresa en relación con el petróleo), se ha optado por elegir un orden del modelo que sea igual para todos y así facilitar la comparación. Como la frecuencia de los datos utilizados en las series temporales son diarios, se procederá siguiendo la lógica de fijar un retardo que sea múltiplo de la frecuencia de los datos, como ya se ha hecho en las estimaciones previas utilizando un retardo de $k=21$ o lo que es lo mismo, de tres semanas. Esta vez, sin embargo, será suficiente hacer las estimaciones de los modelos para un $p=7$ (una semana).

Los modelos de vector autorregresivo obtenidos o VAR(7) entonces, cuentan con las siguientes características.

Modelo	Variable dependiente	Retardos significativos var dependiente	Retardos significativos otra variable
OIL, TEC VAR(7)			
Ecuación 1	$r_{oil(t)}^2$	1,2,4,6,7	1,4,6 (Técnicas Reunidas)
Ecuación 2	r_{tec}^2	No hay	1,4,6 (Oil)
OIL, CEP VAR(7)			
Ecuación 1	$r_{oil(t)}^2$	1,2,4,7	1,2,4,5,6 (Cepsa)
Ecuación 2	$r_{cep(t)}^2$	1,3,4,6	No hay
OIL, BP VAR(12)			
Ecuación 1	$r_{oil(t)}^2$	2,4	1,4,6,7 (BP)
Ecuación 2	$r_{BP(t)}^2$	1,3,5,6	3,5 (Oil)
OIL, GAL VAR(12)			
Ecuación 1	$r_{oil(t)}^2$	No hay	1,2,3,4,7 (Galp)
Ecuación 2	$r_{gal(t)}^2$	1,2,3,5,6	1,5 (Oil)
OIL, SIE VAR(7)			
Ecuación 1	$r_{oil(t)}^2$	1,2,4,5,6,7	No hay
Ecuación 2	$r_{sie(t)}^2$	2,3,4,5,6	No hay
OIL, SOL VAR(7)			
Ecuación 1	$r_{oil(t)}^2$	5	No hay
Ecuación 2	$r_{sol(t)}^2$	No hay	No hay
OIL, VES VAR(7)			
Ecuación 1	$r_{oil(t)}^2$	1,2,4	No hay
Ecuación 2	$r_{ves(t)}^2$	1,4	No hay
OIL, TES VAR(7)			
Ecuación 1	$r_{oil(t)}^2$	1,2,4	No hay
Ecuación 2	$r_{tes(t)}^2$	1,2	No hay

Tabla 4. Resultados de la estimación de modelos de vector autorregresivo

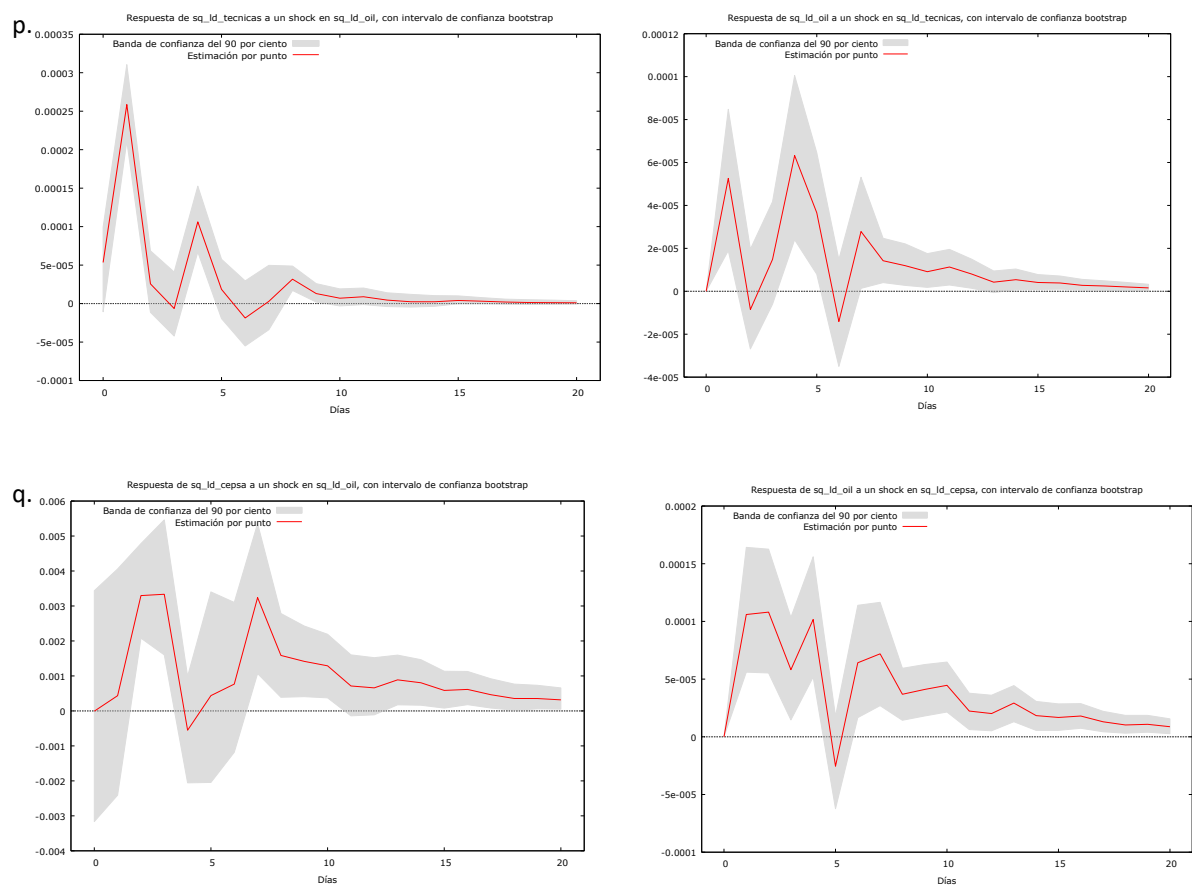
Los datos resultantes de las estimaciones dan lugar a una solución clara. Mientras que en los modelos de vector autorregresivos estimados para las empresas cuyo negocio se fundamenta en la energía tradicional se observa que, en la mayoría de los casos, existen retardos significativos de la variable dependiente (cosa que es lógica pues implica que a ésta le afecta su propio pasado)

y además de la otra variable en el sistema. Sin embargo, en los modelos de vector autorregresivo de las empresas del sector opuesto, es decir, el de las renovables, hay también retardos significativos de la variable dependiente que tienen la misma explicación que en el caso anterior, pero en ninguno de los cuatro VAR se aprecian retardos significativos de la segunda variable del sistema. Esto quiere decir, que tanto las cotizaciones de Siemens Gamesa, como las de Solaria, las de Vestas o las de Tesla, solo se ven afectadas por el comportamiento pasado de sus propias cotizaciones, pero no por el comportamiento pasado de las cotizaciones del petróleo Brent y lo mismo en el otro sentido. En conclusión, se puede decir entonces que las relaciones interdinámicas existentes entre el precio del crudo y el precio de las acciones de Técnicas Reunidas, Cepsa, BP y Galp, son más fuertes que las del crudo con las compañías de energía renovable, donde las cotizaciones pasadas de estas, no consiguen explicar con claridad el valor presente de la cotización del petróleo y al revés.

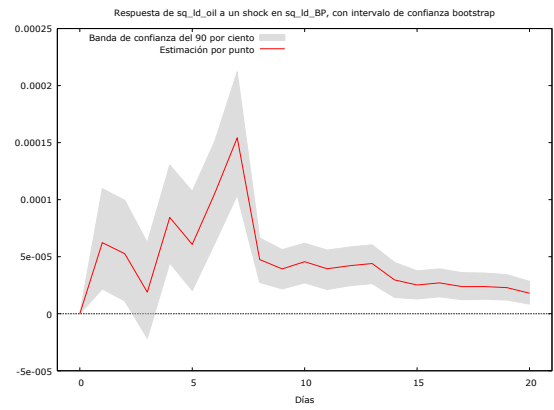
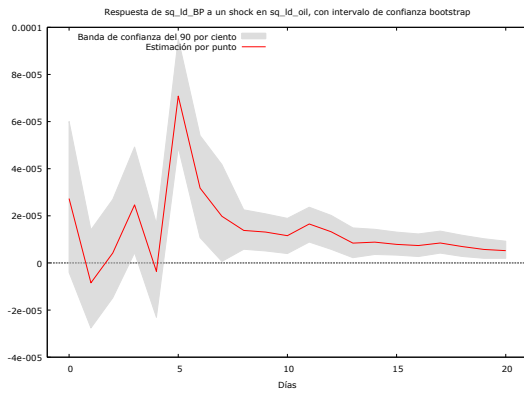
A pesar de haber conseguido determinar cuál es la relación existente entre las variables exógenas y endógenas en las ecuaciones planteadas, este tipo de modelos univariantes no consiguen determinar si la correlación en realidad está entre los propios shocks pasados que se encuentran dentro de cada una de las ecuaciones, pues como ya se ha mencionado anteriormente, existe correlación entre los términos de error. El hecho de que no recojan esta posibilidad, puede suponer un problema y es por este motivo que se han utilizado a continuación las funciones de impulso respuesta para shocks ortogonales. Esto consiste en reescribir las ecuaciones del modelo, pero en vez de tener en cuenta los errores que se estaban asumiendo hasta ahora, se tienen en cuenta otros que no están correlacionados; se convierten en errores ortogonales. De esta forma, se asegura que, si uno de los shocks se mueve, se mueve ese solo y no el resto de los que están dentro de la ecuación, midiendo así únicamente la reacción de cada una de las variables dependientes a dicho shock. El horizonte temporal escogido esta vez, como se trata de una estimación futura y no de un retardo será de nuevo 21 días, ya que siempre en una representación gráfica cuanto mayor sea el periodo utilizado, con más claridad se verá la respuesta de una variable ante un shock en la otra. Además, se ha optado por poner a la izquierda, es decir, los primeros, los gráficos que muestran como responden las distintas empresas ante un shock en el petróleo pues se espera que toda empresa sea afectada por los movimientos que se produzcan en un mercado tan importante como es el del crudo. Sin embargo, a la derecha, se muestra la respuesta del crudo ante un shock en las distintas empresas. A pesar de que en estos segundos gráficos algo se puede apreciar, por lo general, el impacto que pueda tener un shock en solo una empresa en un mercado como el del crudo es tan pequeño, que es prácticamente inapreciable.

Por ello, el análisis va a estar dirigido fundamentalmente a las funciones impulso-respuesta de la izquierda.

Como se puede observar, empresas del mismo sector presentan funciones impulso-respuesta que siguen un patrón parecido. En las funciones impulso-respuesta de las compañías del sector energético tradicional (que se corresponden con los paneles p, q, r y s), se muestra un efecto de derrame de volatilidad donde hay una repuesta bastante pronunciada de la volatilidad de las empresas ante un shock en la volatilidad petróleo en los primeros días y que va desapareciendo (tiende a cero) a medida que pasa el tiempo. Además, los coeficientes de las funciones de este grupo de empresas son significativos, pues por lo general, no pasan cerca del cero y en sus bandas de significatividad (zona sombreada) este no está incluido tampoco. Sin embargo, en las funciones impulso-respuesta de las compañías del sector energético renovable (los paneles t, u, v y w), en la respuesta de la volatilidad de Siemens Gamesa, Solaria, Vestas o Tesla ante un shock en la volatilidad del petróleo no existe este derrame de volatilidad, sino que las funciones cruzan el cero de manera mucho más rápida y las bandas de significatividad lo tocan también. Este comportamiento se mantiene sin grandes cambios a lo largo del periodo escogido.



r.



s.

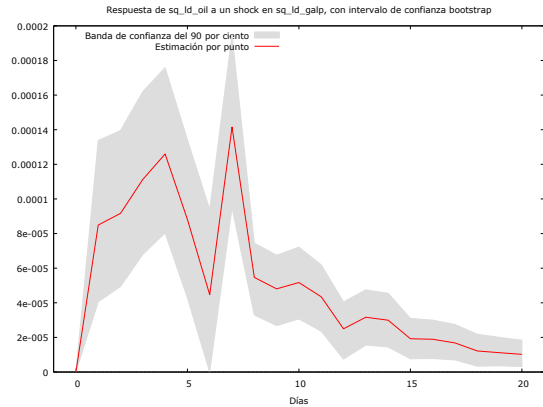
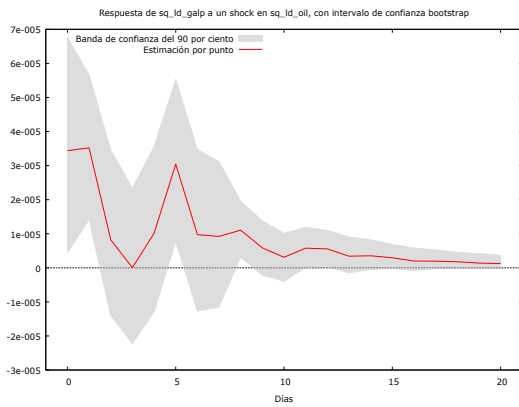
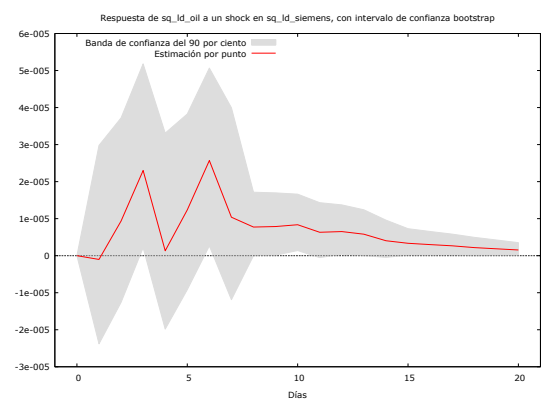
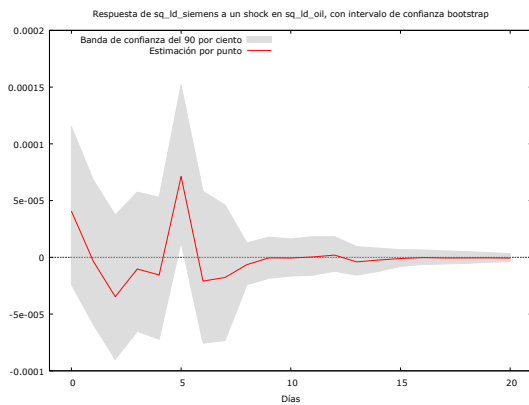
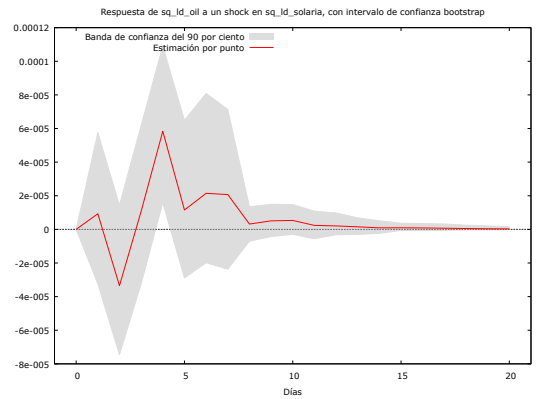
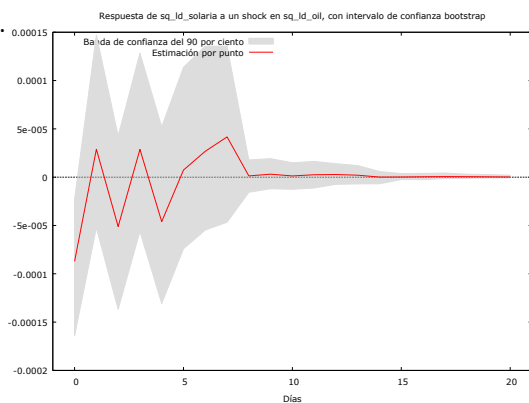


Figura 17. Gráficos funciones impulso-respuesta de los rendimientos al cuadrado de Técnicas Reunidas (panel p), Cepsa (panel q), BP (panel r) y Galp (panel s) con los rendimientos al cuadrado del crudo Brent

t.



u.



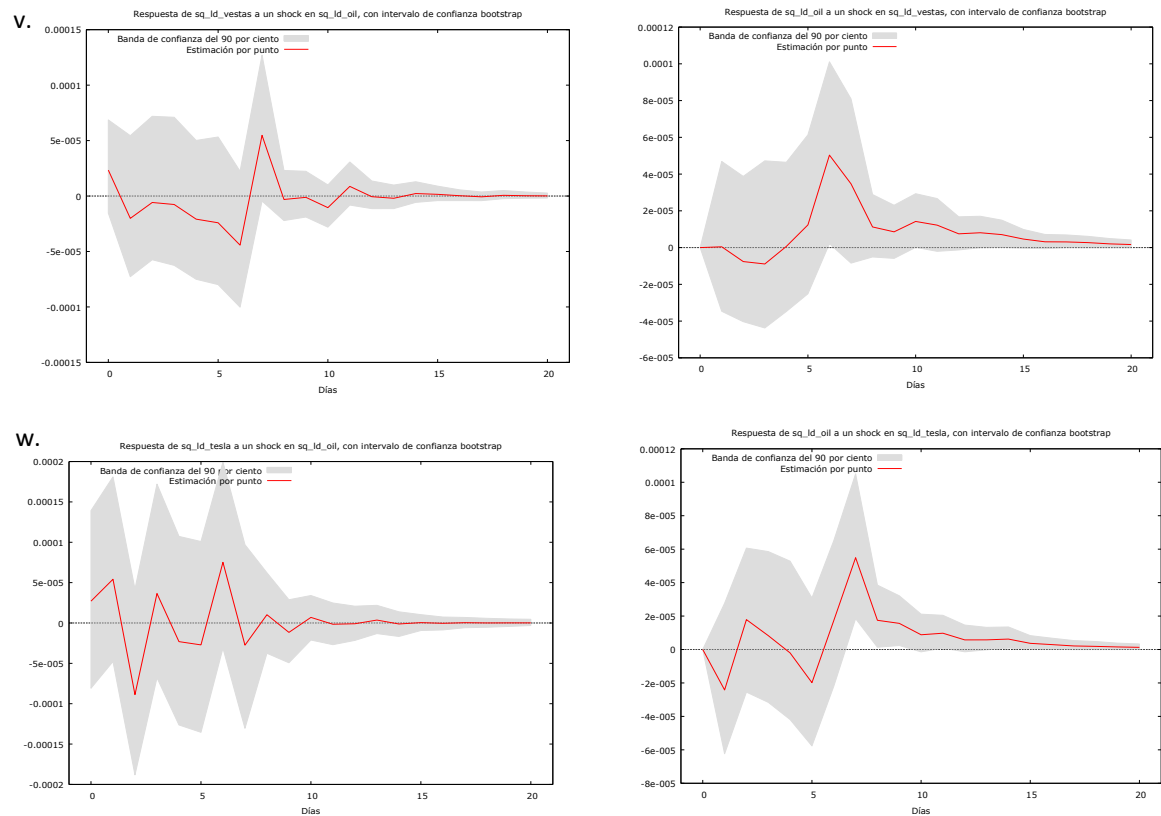


Figura 18. Gráficos funciones impulso-respuesta de los rendimientos al cuadrado de Siemens Gamesa (panel t), Solaria (panel u), Vestas (panel v) y Tesla (panel w) con los rendimientos al cuadrado del crudo Brent

A pesar de que con las representaciones gráficas se observa que claramente ante un shock en el mercado del petróleo, las empresas de energías del sector tradicional se ven más afectadas que aquellas del sector de energías renovables, lo que no se ve con tanta claridad y, por tanto, faltaría por saber, es la magnitud en la que se producen dichas respuestas. Para ello, se ha procedido a realizar la descomposición de la varianza. Con este método, se consigue averiguar qué porcentaje de la varianza del error de predicción es explicado por cada uno de los shocks o lo que es lo mismo, qué porcentaje de la varianza de la volatilidad de una empresa se puede atribuir al porcentaje de la varianza de la volatilidad del crudo. La descomposición de la varianza de las diferentes empresas, se ha realizado para un horizonte temporal de $k=28$. No obstante, para resumir la información obtenida en las tablas a continuación, únicamente se van a mostrar los resultados de $k=1$, en representación del corto plazo, $k=7$ o medio plazo y, por último, $k=28$ que sería el largo plazo pues es equivalente a un mes.

Empresa	k=1	k=7	k=28
TÉCNICAS	0,00%	1,36%	1,57%
CEPSA	0,00%	4,36%	5,67%
GALP	0,00%	5,70%	8,90%
BP	0,00%	3,14%	7,14%
SIEMENS GAMESA	0,00%	0,22%	0,30%
SOLARIA	0,00%	0,91%	1,00%
VESTAS	0,00%	0,29%	0,50%
TESLA	0,00%	0,17%	0,57%

Tabla 5. Porcentaje de la variabilidad de la varianza de Técnicas Reunidas, Cepsa, Galp, BP, Siemens Gamesa, Solaria, Vestas y Tesla, atribuible a la variabilidad de la varianza del petróleo para k=28

A grandes rasgos, en el muy corto plazo ($k=1$) el porcentaje de variabilidad de la varianza de cualquiera de las empresas, ya sea de las de energía tradicional o renovable, atribuible a la variabilidad en la varianza del petróleo es nulo. Sin embargo, a medida que se extiende el horizonte temporal, se observa como a la variabilidad de la varianza del petróleo se le atribuye un porcentaje mucho más elevado a la hora de explicar la variabilidad de la varianza de Técnicas Reunidas, Cepsa, Galp o BP, que aquella de Siemens Gamesa, Solaria, Vestas o Tesla donde prácticamente en ningún caso se llega ni siquiera a valores en torno al 1%. Estos porcentajes, por tanto, confirmarían lo que se ha visto en los gráficos anteriores; a pesar de que no sean porcentajes altos en ningún caso, pues la variabilidad de la varianza de una empresa puede ser explicada por shocks en otros muchos mercados y no únicamente por shocks en el mercado del crudo, las empresas implicadas en energías tradicionales están en mayor medida condicionadas por lo que esté ocurriendo o haya ocurrido en el pasado del mercado del crudo, que aquellas de energías renovables.

VI. CONCLUSIONES

Una vez estudiadas las series en profundidad y con la ayuda de la estimación de regresiones dinámicas para las mismas que han proporcionado información acerca de las relaciones existentes entre los datos, se puede dar una respuesta consistente a las preguntas planteadas en el primer apartado del documento presentado. Para empezar, se ha demostrado que, hasta día de hoy no existe una relación directa entre una de las variables primordiales en la economía española, como es el precio del petróleo y las cotizaciones de empresas cuyo objetivo es introducir energías limpias y en cierto modo sustitutivas de este petróleo. Sin embargo, sí que existe esta relación entre el precio del crudo y aquellas empresas cuyo negocio está basado íntegramente en el mismo. Por tanto, utilizando el precio del petróleo como variable de referencia, resulta incierto saber qué posición ocuparán las energías renovables en España en un futuro próximo. En cambio, si se puede de algún modo prever el comportamiento de aquellas empresas de energías tradicionales pues este, se asemejará en gran medida al comportamiento que tenga el petróleo entonces. Aun así, es importante entender que el precio del petróleo, es únicamente uno de los muchos factores que pueden afectar a la cotización de una empresa a grandes rasgos, pues luego cada compañía tiene peculiaridades que harán que no a todas respondan igual ante los mismos shocks producidos por factores externos ni en la misma medida.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Diebold, F. (2008). Elements of forecasting (4th ed.). Mason, Ohio: Thomson-South-Western.

Stock, J., & Watson, M. (2012). Introducción a la Econometría (3ª ed.). Madrid: Pearson.